

Szegedi Tudományegyetem Repülő- és Űrorvosi Tanszék

Űrélettudományi kutatások Magyarországon (1950–1992)

Dr. Remes Péter ny. orvos ezredes

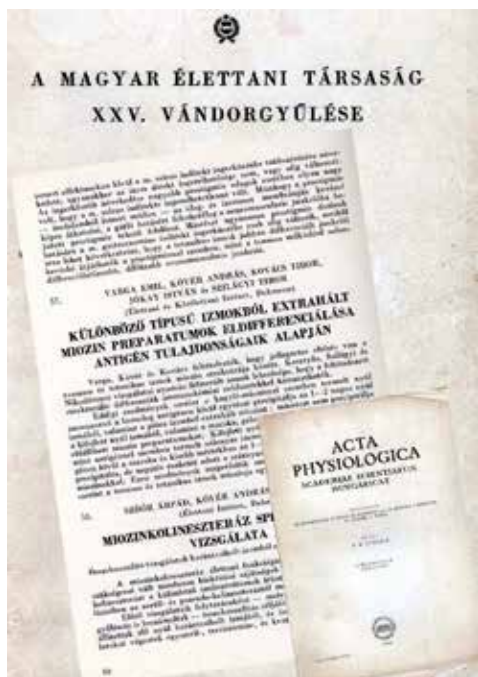
Kulcsszavak: űrélettudományok, repülő- és űrorvostan, Magyar Asztronautikai Társaság, Repülőorvosi Vizsgáló és Kutató Intézet, MTA Interkozmosz Tanács Orvosbiológiai Szakbizottsága, Űrkutatási Tudományos Tanács, magyar űrkísérletek

Eddig még nem jelent meg összefoglaló ismeretterjesztő tanulmány az űrélettudományok hazai történetéről és szervezeteiről. Ez a dolgozat elsőként tesz kísérletet az 1950 és 1992 között végzett magyar kutatások vázlatos összefoglalására. Ismerteti az 1950-es évek kezdeti lépéseit, és az űrélettudományokkal foglalkozó első magyar űrkutatókat. Az egyetemi képzés kezdetének és a magyar űrkutatás intézményrendszerének felvázolása után kitér a rendszerváltást követő átalakítások történetére is. Ismerteti a magyar űrélettudományi kutatások stratégiáját, majd részletezi az Interkozmosz program keretei között zajló hazai kutatási irányokat, a résztvevő intézeteket, és eredményeiket. Beszámol az adaptáció és readaptáció, az izom, a táplálkozás, a vesztibuláris és a hypoxia kutatások jelentőségéről, valamint a kozmikus repülések stressz tényezőinek vizsgálatairól. A tanulmány a pszichológiai és a sugárbiológiai kutatások ismertetésével fejeződik be.

Az 1950-es években már folytak Magyarországon az űrrepülésben fontos alapkísérletek a Debreceni Orvostudományi Egyetem (DOTE) Élettani és Kórélettani Intézetében. Az *Acta Physiologica* közölte (Varga Emil, Kövér András, Kovács Tibor, Jókay István és Szilágyi Tibor: *Különböző típusú izmokból extrahált miozin preparátumok eldifferenciálása antigén tulajdonságaik alapján*), illetőleg a Magyar Élettani Társaság (MÉT) szegedi, XXV. Vándorgyűlésén már elhangzottak az izmok működésével kapcsolatos ma-

gyar kísérletek (Szöör Árpád, Kövér András, Kovács Tibor: *Miozinkolineszteráz specifitásának vizsgálata*). Ezekben az években állatkísérletes űrrepüléseken azt tanulmányozták, hogy vajon képes-e egy élő szervezet az űrrepülés kedvezőtlen élettani hatásait elviselni? Túlélhető-e az űrutazás? A DOTE izom-élettani kísérletei már a kezdet kezdetén hozzájárultak ezekhez az ember űrrepülését megalapozó kutatásokhoz (1. ábra).

Akkoriban a Központi Asztronautikai Szakosztály fogta össze a magyar



1. ábra. Az *Acta Physiologica* és a Magyar Élettani Társaság izomkutatásokra vonatkozó dokumentumai 1959-ből

űrélettudományi kutatásokat. Kezdetből fogva hármaskörű funkciót látott el, a tudományos kutatás, és a népszerű tudományos felvilágosítás mellett az űrkutatás iránt érdeklődők szervezete is volt. 1959. december 10-én a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége (MTESZ) Központ Asztronautikai Szakosztálya (KASZ) az alakuló ülésén Dr. Lukács Sándor orvos alezredest az Orvosi Szekció elnökévé választotta, Dr. Halm Tibor orvos ezredes pedig a vezetőség tagja lett. A repülőorvosok rendszeresen tartottak az űrkutatással kapcsolatos előadásokat, és publikáltak a KASZ, valamint az élettudományok különféle kiadványaiban. Az 1960-as évektől a magyar repülő- és űrorvosok a Szentpétervári Katona-Orvostudományi Egyetem Repülő- és Űrorvosi Tanszékén (akkori nevén a Leningrádi Kirov

Katonaorvosi Akadémia V. fakultásán) állami ösztöndíjasként ismerkedtek meg az űrélettudományi kutatások legújabb eredményeivel (2. és 3. ábra).



2. ábra. Dr. Szántó Ferenc orvos százados a Szentpétervári Katona-Orvostudományi Egyetem (akkori nevén Leningrádi Kirov Katonaorvosi Akadémia) állatműtőjében 1960-ban



2. ábra. Dr. Remes Péter orvos százados 1972-ben a Szentpétervári Pavlov Intézet (akkori nevén Leningrádi Kirov Katonaorvosi Akadémia Pavlov Intézete) állatműtőjében túlnyomásos oxigénlégzéses vizsgálatokat végez űrkutyákon

Felismerve az űrkutatás távlatait, az 1960-as évektől kezdve a magyar orvostudomány kiemelkedő alakjai is bekapcsolódtak az űrélettudományi kutatásokba. Dr. Kesztyűs Lóránd aka-

démikus, a DOTE Kórélettani Intézetének igazgatója, az orvoskar dékánja, később az egyetem rektora, 1966-tól az Űrkutatási Kormánybizottság, 1967-től pedig az Űrkutatási Bizottság tagjaként tevékenykedett. Az izomfehérjék vizsgálatával a magyar állatkísérletes űrkutatást alapozta meg. Követői a súlytalanság kedvezőtlen élettani hatásait vizsgáló izomatrofias űrkísérletekkel az orvosbiológiai kutatások területén jelentős nemzetközi eredményeket értek el. *Dr. Pálos Ádám László* akadémikus, az Orvostovábbképző Intézet I. számú Belgyógyászati Klinikájának tanszékvezető egyetemi tanára, az intézet tudományos igazgatóhelyettese, később tudományos rektor helyettese, 1967-től vett részt az Asztronautikai Bizottság űrorvostani munkájában. Legendás alakja volt a Központi Asztronautikai Szakosztály Űrorvosi és Űrbiológiai Munkabizottságának, az űrkutatási rendezvényeken aktív szerepet vállalt. Az űrkutatásban oly fontos hipoxia és hiperoxia élettani folyamatokra kifejtett hatásának tanulmányozásával az űrélettani alapkutatásokban vett részt. *Dr. Vizi E. Szilveszter* akadémikus, a MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézetének főigazgatója, később a MTA elnöke, a központi és perifériás idegrendszer ingerület-átvitelének kutatójaként szerzett nemzetközi hírnevet. Az Interkozmosz kutatásokban a hipoxia hatását tanulmányozta az idegrendszer működésében alapvető szerepet játszó ingerület átviteli folyamatokra. *Dr. Lissák Kálmán* akadémikus, a Pécsi Tudományegyetem (POTE) Élettani Intézetének tanszékvezető egyetemi tanára, MÉT főtitkára, majd elnöke, a magasabb idegműködés és az idegi-hormonális (neuroendokrin) szabályozás élettanának világhírű kutatóprofesszora az 1960-as évektől vett részt

a magyar űrkutatásban. *Dr. Gáti Tibor*, a Semmelweis Orvostudományi Egyetem (SOTE) Kórélettani Intézetének egyetemi tanára, később a Haynal Imre Egészségtudomány Egyetem kórélettani tanszékének igazgatója az űrrepülés kedvezőtlen hatásait tanulmányozta a gyomor-bélrendszer nyálkahártyának védő funkciójára. Munkacsoportja szerve része volt a hazai kísérletes repülő- és űrorvostudományi kutatásoknak. *Dr. Obál Ferenc*, a Szegedi Orvostudományi Egyetem (SZOTE) Élettani Intézetének tanszékvezető egyetemi tanára többek közt a fertőző betegségek kórélettanával, a bélboholy működésével és a bélfelszívódással, a lép élettanával, az agyműködéssel és nyirokkeringéssel, a hőszabályozással illetőleg az alvással foglalkozott. A 1970-es évektől vett részt az űrkutatásban. *Dr. Benedek György* tanszékvezető egyetemi tanár követte elődjét a SZOTE Élettani Intézetének igazgatójaként. Az Interkozmosz kutatásokban a bioritmus alvás-ébredés állapotban bekövetkező változásaira vonatkozó kutatásokat vezette. Tanulmányozta az agy és a belső fül véráramlásának alapvető élettani mechanizmusait, és azok endogén és exogén anyagokkal történő befolyásolhatóságát. Megállapította az agyi autoreguláció specifikus és általános mechanizmusait és azok válaszkészségét különféle endogén anyagokra. *Dr. Szilágyi Tibor*, a DOTE Kórélettani Intézetének egyetemi tanára az űrkutatásban fontos szerepet játszó kísérleteivel kapcsolatos közleményei már az 1950-es évektől kezdve kezdtek megjelenni, a véralvadásban és az izomműködésben jelentős fehérjék (fibrinogen, myosin és actin) antigén tulajdonságait tanulmányozta. Az űrrepülésen részt vett kísérleti állatok izmainak, csontjainak elváltozásait és a földi

körülményekhez való readaptációját, valamint az osteoporosis gyógyszeres kezelését vizsgálta. Izomsorvadást hozott létre kísérleti állatokon különféle módszerekkel, és tanulmányozta, hogy milyen károsodások maradandók, illetve melyek azok, amelyek csak átmenetiek. *Dr. Guba Ferenc*, a SZOTE Biokémiai Intézetének tanszékvezető egyetemi tanára, az orvoskar dékánja, később az egyetem tudományos rektorhelyettese, elévülhetetlen érdemeket szerzett az izombiokémiai vizsgálatok területén. Az úrkutatással egy időben került érdeklődési körébe az izom polimorfizmusának, adaptációjának, illetve szabályozásának problémája. Vizsgálataiban az ürrepülésen részt vett kísérleti állatok izomszöveit dolgozta fel és vetette össze a hasonló körülmények között tartott, de nem repült állatok izomszöveivel. Az Interkozmosz orvosbiológiai munkacsoportjának aktív tagjaként számos nemzetközi kongresszuson tartott előadást, eredményei hozzájárultak a tartós ürrepülés kedvezőtlen élettani sajátosságainak megismeréséhez. *Dr. Dux László*, a SZOTE Biokémiai Intézetének tanszékvezető egyetemi tanára, az egyetem oktatási rektorhelyettese, a későbbi felsőoktatásért felelős helyettes államtitkár folytatta elődjeinek a magyar úrkutatásban vállalt munkáját. Többek között az izom kalcium transzportáló rendszerének adaptációját vizsgálta, és részt vett az Interkozmosz izomatrofias kutatási programjában. *Dr. Karmos György*, a MTA Pszichológiai Kutatóintézetének igazgatója, később a Pázmány Péter Katolikus Egyetem tanára, állatkísérletes modelleket használt a percepció folyamatok idegrendszeri mechanizmusainak feltárására. Humán kísérletekben modellezte, illetve elemezte az információfeldolgozás folyamatainak me-

chanizmusait. Úrkutatói tevékenységét az Interkozmosz orvosbiológiai szakbizottságában kezdte, rendszeres résztvevője, témafelelőse és előadója volt az Interkozmosz kongresszusoknak. Megalakulásától kezdve tagja volt a Magyar Úrkutatási Tudományos Tanácsnak.

Végül meg kell emlékeznünk a magyar tudomány három világhírű képviselőjéről, akik ugyan nem számítanak úrkutatónak, munkásságuk egy része azonban az úrélettudományok tárgykörébe tartozik. *Hőgyes Endre* akadémikus, a kísérletes orvostudomány kiemelkedő alakja, bár *Pasteur* veszettség elleni védőoltásának módosításával vált híressé, nem kevésbé fontos a repülő- és űrorvostan szemszögéből a hallás és az egyensúlyozó szerv vizsgálata terén végzett úttörő munkássága sem. 1879-ben megalkotta a világ első audiométerét. Úrélettani szempontból a nystagmus idegi mechanizmusáról, valamint a fokozott dobúri nyomásnál fellépő szédülésről írt közleményei a legfontosabbak. Elsőként írta le az egyensúlyérzés reflexívét, s annak forgatásra, valamint elektromos ingerlésre bekövetkező reakcióját. Felfedezte, hogy a szemmozgató idegek pályái kapcsolatban állnak a belső fül egyensúlyozó szervéből, a félkörös ívjáratokból kiinduló idegpályákkal. Ezek a kutatások tették lehetővé, hogy megértsük az úgynevezett űr-mozgásbetegség patomechanizmusát, és ezeken a vizsgálatokon alapulnak az űrhajósok vestibuláris kiválogatásának alapelvei is. *Bárány Róbert* egyetemi tanár 1914-ben kapott orvos-élettani Nobel-díjat a belső fülben található vestibularis apparatus élettanával és kórtanával kapcsolatos munkáiért. Feltalálta az úgynevezett *Bárány-féle* kalorikus reakciót. Megállapította, hogy hőingerléssel az ívjáratokban lévő lymphá áramlása tájéko-

zódási zavart, nystagmust, szédülést, és a tengeri betegséghez hasonló rosszulletet provokál. Megalkotta az egyensúlyozó szerv vizsgálatára szolgáló forgószéket. Az úgynevezett *Bárány-féle* forgószék, kisebb módosításokkal a mai napig a repülő- és űrorvostan alapvető vizsgáló-eszköze maradt (4. ábra).



4. ábra. Magyari Béla űrhajós jelölt vizsgálat a Bárány-fél forgószékben 1977-ben, az űrhajós kiválogatás alkalmával a kecskeméti Repülőorvosi Vizsgáló és Kutató Intézetben

Békésy György akadémikus 1961-ben kapott orvos-élettani Nobel-díjat a belső fül csigájában létrejövő ingerületek fizikai mechanizmusának felfedezéséért. Bebizonyította, hogy a csigában a hang érzékelésekor nem állóhullámok alakulnak ki, hanem egy olyan nem lineáris hullám halad végig, amelynek az amplitúdója a frekvenciától függően a csiga más-más helyén éri el a maximumát, így ingerelve – a különböző frekvenciákra érzékeny – hangérzetet közvetítő idegsejteket. Munkássága fundamentális ismeretekkel gazdagította az űrélettudományokat. A *Békésy-féle* audiométer a klinikumban, illetőleg a repülő- és űrorvostanban ma is egyaránt használatos (5. ábra).



5. ábra. A *Békésy-féle* audiométer a kecskeméti Repülőorvosi Vizsgáló és Kutató Intézetben az 1960-as évek végén

Egyetemi képzés

Magyarországon 1974-ben indult meg a posztgraduális repülő- és űrorvosi képzés. Az Országos Szakképesítő Bizottság kezdetben az Orvostovábbképző Intézetben, 1986-tól az Orvostovábbképző Egyetemen, 1993-tól pedig a Hajnal Imre Egészségtudományi Egyetemen biztosított repülő- és űrorvostanból szakképzést és vizsgáztatást. Szegeden, a Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Egyetem Élettani Intézetében az 1980-as esztendőkből évente 2 órában már graduális képzés is volt. Ebben az időben ezenkívül ugyanitt, repülő- és űrorvosi speciális kollégiumokat is szerveztek [12]. 2000. szeptember 1-én kezdte meg működését a Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Karán *Dr. Grósz Andor* orvos ezredes, egyetemi tanár vezetésével a Repülő- és űrorvosi Tanszék. A tanszéken graduális és posztgraduális képzés folyik.

A magyar űrélettudományi kutatások intézmény rendszere

Tudományos társaságokból, illetőleg állami polgári és katonai intézetekből állt a magyar űrkutatás intézményrendszere.

Az *űrélettudományi kutatással foglalkozó társaságok* közül elsőként az 1956 és 1959 között a Társadalom- és Természettudományos Ismeretterjesztő Társulat (TTIT) Csillagászati és Matematikai Szakosztályának munkabizottságaként megalakult Asztronautikai Bizottságot kell megemlítenünk. Alapító tagjai között az űrélettudományokkal foglalkozókat is megtalálhatjuk. (*Dr. Galla Emil* orvos ezredes, *Dr. Halm Tibor* orvos ezredes, *Dr. Páter János* főorvos és *Turcsányi György* biofizikus). 1959 és 1973 között a KASZ űrélettani, űrorvosi és űrbiológiai tevékenysége kezdetben a Bioasztronautikai Munkabizottságban, 1968-tól pedig az Őrélettani Munkabizottságban zajlott, irányítására *Dr. Echter Tibor* orvos ezredest kérték fel.

Az Amerikai Egyesült Államokban élő, magyar származású *Kármán Tódor* kezdeményezésére 1960 óta a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia (International Academy of Astronautics) tömöríti a világ vezető űrkutatóit. Az űrélettudományi kutatások területén eddig négy magyar űrorvost – *Dr. Bognár László* orvos ezredest, *Dr. Grósz Andor* orvos dandártábornokot, *Dr. Hideg János* orvos vezérőrnagyot és *Dr. Remes Péter* orvos ezredest – választottak az akadémia először levelező, majd rendes tagjai sorába. 1965-ban a COSPAR (Committee on Space Research), azaz a Tudományos Egyesületek Nemzetközi Tanácsa keretében szervezett Nemzetközi Űrkutatási Bizottság, és az IAF (International Astronautical Federation), vagyis a Nemzetközi Asztronautikai Szövetség tagsága biztosította azt a lehetőséget, hogy a magyar repülő- és űrorvosok bekapcsolódjanak az egyetemes űrkutatás szervezeteibe.

1973-tól 1982-ig létezett a KASZ Őrélettani és Őrorvosi Munkabizottsága, amelynek szerepét ezután a Központi

Asztronautikai Szakosztály Kecskeméti Csoportja vette át. 1986 és 1996 között pedig a KASZ utódjaként megalakuló Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) Kecskeméti Csoportja és Ifjúsági Csoportja látta el ezt a feladatot [9]. A kecskeméti Repülőorvosi Vizsgáló és Kutatóintézet (ROVKI) jelentőségének növekedésével az 1970-es évek végétől 1996-ig – megszűnéséig – a KASZ, illetve MANT háttérintézményeként segítette tevékenységét [6]. Az alapkutatásokról 1959 és 1996 között a kutatócsoportok a MÉT Őrélettani Szekciójában, az évente megtartott Vándorgyűléseken számoltak be. 1992-ben megalakult a Magyar Hadtudományi Társaság Repülő és Légvédelmi Szakosztály Repülő- és Őrorvosi Szekciója is, amely négyéves fennállása alatt az űrélettudományi kutatásokról tartott tudományos ismeretterjesztő előadásokat a társszakmák képviselői számára [14].

Az *űrélettudományi kutatással foglalkozó magyar katonai szervezetek* a Varsói Szerződés (VSZ) tagállamainak repülő- és űrorvosi munkabizottságaiban vettek részt. A VSZ űrkutatói évente zártkörű konferenciákon és tudományos szimpóziumokon találkoztak, ahol beszámoltak a tudományos kutatásaik eredményeiről. A magyar űrkutatók 1957 és 1991 között vettek részt ezeken a konferenciákon, 1960-ban például Jeszenikben tartották ezt a konferenciát. A VSZ tagállamok ötéves tudományos munkatervekkel rendelkeztek. „Szigorúan titkos”, „Titkos” és „Szolgálati használatra” minősítésű tudományos kutatómunkát végeztek (6. ábra).

1960-ban megalakult a Magyar Honvédség Orvosi Tudományos Tanácsa, amelynek repülő- és űrorvosi szekciója megszűnéséig, 1988-ig fogta össze a honvédség repülő- és űrorvosi kutatómunkáját. A honvédség kecskeméti



6. ábra. Dr. Echter Tibor orvos ezredes, Dr. Vámos László orvos vezérőrnagy, Dr. Aczél György orvos alezredes és Dr. Lukács Sándor orvos ezredes az 1960-ban, Jeszenikben megtartott repülő- és űrorvosi konferencián

Repülőorvosi Vizsgáló és Kutatóintézetében (1964–1995), valamint a Központi Katonai Kórházban folytak űréletteni kutatások.

Az űrélettudományi kutatással foglalkozó állami szervezetek az 1960-as évek közepén alakultak meg. 1965-ben a szocialista országok csatlakoztak a Szovjetunió által kezdeményezett Interkozmosz programhoz. 1966-ban megalakult a magyar űrtevékenységet koordináló és irányító Űrkutatási Kormánybizottság (lásd: *ÜKB 3015/1966. sz. Kormány határozatot*). 1967-ben a kormány Űrkutatással Kapcsolatos Állandó Bizottságává alakult át (röviden *Űrkutatási Bizottságnak is nevezték, lásd: 3194/1967. sz. Kormány határozatot*). Ennek Űrbiológiai és Űrorvosi Állandó Munkabizottságában

(később Orvosbiológiai Szakbizottságában) dolgoztak a hazai kutató intézetek. Széleskörű űrkutatási tevékenység alakult ki Magyarországon. A kecskeméti ROVKI vált a hazai űrélettudományi kutatások bázis intézményévé, és fogta össze az űrkutatás terén az akadémiai kutatóintézetek, egyetemi tanszékek nyílt és titkos űrkutatási tudományos kutatómunkáját is. Volt olyan időszak, amikor az éves költségvetési kimutatók adatai alapján harminc magyar kutatóintézetben 249 magyar államilag fizetett űrkutatót tartottak nyilván. A MTA Interkozmosz Tanácsa 1978-tól 1991-ig működött (lásd: *a Minisztertanács 3464/1978. sz. határozatát az Űrkutatási Bizottság megszűnéséről és az Interkozmosz Tanács létrehozásáról*). A kozmikus fizikai, meteorológiai, űrtávközlési, és erőforrás kutatási szakbizottságai mellett orvos-biológiai szakbizottsága is volt [2, 3, 11]. Ezekben az években a munkákba csak azok az intézmények kapcsolódhattak be, amelyek már a kezdetek óta az űrkutatásban megfelelő elméleti felkészültségű szakember gárdával, továbbá olyan infrastruktúrával rendelkeztek, amely e feladatok elvégzéséhez szükséges volt. Ennek megfelelően alakultak ki a finanszírozási szabályok is. Az intézmények céltámogatás formájában kapták a pénzeszközöket (7. ábra).



7. ábra. Az Interkozmosz jelvény

A magyar űrkutatás szervezeti átalakítása már 1990 végén megkezdődött. A MTA III. osztályának felügyelete alatt osztályközi bizottságot hoztak létre Űrkutatási Komplex Bizottság (ÜKB) néven. Az ÜKB 1991. februári ülésén Fuchs Erik ismertette, hogy a Tudomány Politikai Bizottság az általa vezetett bizottságot kérte fel az MTA Interkozmosz Tanács szervezeti keretei között végzett eddigi kutatások véleményezésére és az űrkutatás új szervezeti formáinak kidolgozására. Az év során az ÜKB megalakította albizottságait, így 1991 májusában Kecskeméten, a ROVKI-ban is megalakult az ÜKB Orvosbiológiai Albizottsága, amely az akadémiai, egyetemi kutatóintézetek és az űréletteni kutatással foglalkozó munkacsoportok tevékenységét fogta össze az átmeneti időszakban is, és tett javaslatot a magyar űrkutatás új szervezetének kialakítására. 1991 decemberében a Magyar Köztársaság Kormánya határozatában (lásd: a 3576/1991 [12.30.] Kormányhatározatot) – az elmúlt időszakban végzett munkásságát eredményesnek elismerve – megszüntette a MTA Interkozmosz Tanácsot és egyúttal megbízta *Dr. Pungor Ernő* tárca nélküli minisztert, hogy szervezze meg az új magyar űrkutatási szervezetet. Ennek nyomán a kormány rendeletében (lásd: a 3/1992 [I.6.] Kormányrendeletet) önálló költségvetési szervként létrehozta a Magyar Űrkutatási Irodát (MÜI). *Dr. Pungor Ernő* tárca nélküli miniszter 1992. január 6-án Alapító Okirattal hozta létre a MÜI-t és annak első ügyvezető igazgatójává *Dr. Tófalvi Gyulát* nevezte ki. Január 23-án a MÜI és a MTA képviselői között megállapodás született a MTA Interkozmosz Tanácsa munkáinak lezárásáról, titkárságának felszámolásáról és az átadás-átvétel lebonyolításáról.

1992 februárjában az ÜKB ülésén ismertették a MÜI létrehozásáról szóló törvényt. Három hónap múlva pedig a MÜI igazgatója az ÜKB ülésén már az iroda 1992-es munkatervét ismertette. Ugyanakkor megalakult a szakértőkből álló Űrkutatási Tudományos Tanács (ÜTT) is. Az ÜTT megalakulásakor négy kutatási főirányban: a Föld a világűrben (Space-Earth System), űrfizika (Space-Physics), űrélettan (Space Life Sciences), űrtávközlés és műsorszórás (Satellite Technics and Technologies), űrtechnika és technológia (Space Technology) bírálta el a pályázatokat. A kutatómunka finanszírozásában a céltámogatást a pályázati rendszer váltotta fel. Megalakulásakor a MÜI 80.331 eFt-ból gazdálkodott. Az űrélettudományi kutatásokra az iroda költségvetésének 13%-a jutott [4, 5]. Az ÜTT megalakulásakor felkérte a ROVKI-t, hogy az űrélettannal kapcsolatos bázisintézeti feladatokat továbbra is lássa el.

Stratégiai megfontolások az űrélettudományi kutatások területén

Az emberiség régóta álmodozik arról, hogy megismerje származását, megtudja hogyan jött létre és hogyan fejlődött az élet a Földön. Eddig felhalmozott tudása lehetőséget nyújt számára, hogy ellenőrzése alá vonja a környezetét a Földön és később arra, hogy az emberi faj a Földön kívül a Naprendszer más részein is elterjedjen. Az emberiségnek információra van szüksége a földön kívüli élet létezéséről ahhoz, hogy eredményesen és biztonságosan benépesíthesse a világegyetemet. Az űrélettudományok stratégiai tervei között az ember állandó űrbeli jelenléte szerepel. A Föld és a Naprendszer vizsgálata céljából folyamatosan műkö-

dő űrállomásokot hoznak létre a Föld körül, később állandóan lakott településeket építenek a Holdon és a Marson. Ezt követően az így kialakított űrbázisokról később megkezdik a Világegyetem gyaratását. Az élettudományok eredményei pedig döntő szerepet játszanak majd abban, hogy az emberi faj a Földön kívül, a Világegyetem más részén is elterjedjen.

Ez a stratégiai célkitűzés már a kezdetektől minden űrexpedíció lényeges eleme volt. A közeli célok, vagyis a földközeli orbitális repülések, valamint a Hold expedíciók – erre a célra alkalmas – földi és űreszközök kifejlesztését követelték meg [1, 7, 8].

A stratégiai célok elérése érdekében Magyarországon, már a kezdet kezdetén az űrélettudományokkal foglalkozó egyetemi tanszékek létrehozására, a fiatal kutatók kiképzésére, és az élettudományok érdekében az egyetemeken, ipari központok és a technológiai kutató-fejlesztő tevékenység kialakítására volt szükség. Ennek érdekében a magyar orvostudományi egyetemeken (SZOTE, SOTE, POTE, DOTE, OTKI) űrélettudományi kutatásokkal foglalkozó munkacsoportok alakultak, repülő- és űrorvosi szakvizsga bevezetésére, valamint a szakirányú posztgraduális képzés kialakítására nyílt lehetőség, és létrejött a MEDICOR-ROVKI együttműködés. Fejleszteni kellett a biológiai műszerezettségét, szükség volt az űrlaboratóriumok számának növelésére, és automata biológiai űrhajókat helyeztek el az űrben, szélesítették a biológiai kísérletek számát az űrállomásokon, valamint megteremtették az eddigi kutatási eredmények adatbázisát. A Honvédelmi Minisztérium és a MTA Interkozmosz Tanács jelentős orvos-biológiai műszerberuházásokat finanszírozott, a Koz-

mosz-1514, -1667, -1887, -2044, -2229 jelű Bioszputnyik űrrepülések magyar részvétel mellett zajlottak. Magyar űrélettudományi kísérletek folytak az 1980-as években a Szaljut-6 és a Szaljut-7 űrállomások fedélzetén (*Aprosz-, Interferon-, Metabolizm-, Kiszlorod-, Doszug-, Doza-, Pnyevmatyik-, Audio-, Szregyec-, Kadioligyer-, Diagnoz-, Rabotoszposzobnoszty- és a Balaton kísérlet*). Ezenkívül az 1980-as években létrejött a Repülőorvosi Archívum Kecskemét (RAK), valamint a ROVKI számítógépes adatbázisa.

A VSZ tagállamok antropometriás adatbázisa Kecskeméten volt, az adatok számítógépes feldolgozását a ROVKI szakemberei végezték el és tették hozzáférhetővé a tagállamok számára. A ROVKI adatbázisa a magyar űrhajósok hosszúidejű orvosbiológiai megfigyelésével szerzett adatokat is tartalmazta. Akkoriban ugyanis a világon a hetedik nemzet képviselőjeként a világűrbe jutott magyar űrhajós repülését nem tekintették egyedi sikernek [15]. A stratégiai tervek a magyarok hosszúidejű és tartós űrtevékenységével számoltak. *Farkas Bertalan és Magyarai Béla* után további magyar űrhajósok következtek volna, ennek érdekében tervbe vették a ROVKI további fejlesztését (8. ábra).



8. ábra. *Farkas Bertalan és Valerij Kubaszov*

Erre utal *Czinege Lajos* honvédelmi miniszternek 1978-ban, a Minisztertanácsnak írott „Titkos” minősítésű jelentése is. Ebben a világűr kutatásában való hosszú távú részvételünkről, több magyar űrrepülésről és a ROVKI további fejlesztéséről írt [16]:

„Abból kiindulva, hogy a világűr kutatásában való részvételünk, ehhez az űrhajósok kiválogatása, előzetes felkészítése, majd két repülés közötti időszakban azok gyakorlatban tartása és rendszeres orvosi ellenőrzése hosszú távú feladat, ezek végrehajtására – az együttműködő szervek közösen – a Magyar Néphadsereg Repülő Orvosi Vizsgáló és Kutató Intézetét célszerű alkalmassá tenni” (lásd: *a Magyar Népköztársaság Honvédelmi miniszterének 0102/2/1978. Nytsz. jelentését a magyar űrhajós jelölt kiválasztásáról. Cit.: Kocsis Piroska, Ólmosi Zoltán: Iratok a közös magyar–szovjet űrrepülésről. 1979–1980. Magyar Országos Levéltár. Budapest, 2011).*

A politikai változások miatt azonban megváltozott a magyar űrkutatás stratégiája és további magyar űrhajósok repültetése lekerült a napirendről. A fejlesztések elmaradtak, a magyar űrélettudományi kísérletek bázisintézményét, a ROVKI-t pedig 1995-ben megszüntették [13].

Űrélettudományi kutatások az Interkozmosz programban 1975–1991

Az Interkozmosz a Szovjetunió és az úgynevezett szocialista országok közös űrkutatási programja volt, hivatalos nevén: „*A szocialista országok együttműködése a világűr békés célú kutatásában és felhasználásában*”. Az aláíró tagországok: Bulgária, Csehszlovákia, Kuba, Lengyelország, Magyarország, Mon-

gólia, Német Demokratikus Köztársaság, Románia és Szovjetunió voltak. Később csatlakozott hozzá Vietnam is. Magyarország a többi állammal együtt 1967-ben írta alá az együttműködési szerződést. A programot 1970-től nevezték Interkozmosznak. Ebben a magyar űrélettudományok területén dolgozók először a Magyar Forradalmi Munkáspárt Kormány Űrkutatással Kapcsolatos Állandó Bizottsága Űrbiológiai és Űrorvosi Állandó Munkabizottságának tagjaként vettek részt, 1978-tól pedig a megalakuló MTA Interkozmosz Tanácsa Orvosbiológiai Szakbizottsága tagjaként. Két Interkozmosz volt tehát, a nemzetközi Interkozmosz (1967–1991) és a hazai Interkozmosz (1978–1991).

A nemzetközi Interkozmosz éra három ötéves tervet ért meg. 1975–1980 között volt az első, 1981–1985 között a második, és 1986–1991 között a harmadik ötéves terv periódus. Ennek megfelelően rendelkezett az űrélettudományi együttműködés is ötéves munkatervvel, amelyek az úgynevezett Probléma Katalógusban szerepeltek. Ez nem volt nyilvános, a kutatók csak a rájuk vonatkozó mértékben ismerték.

Az űrélettudományok területén dolgozó magyar tudósok szerteágazó, nagy volumenű és nemzetközileg is jelentős kutatómunkát végeztek. Bármelyik tagországnak joga volt kutatási témát javasolni ebbe a katalógusba, illetőleg lehetséges nyílt arra is, hogy mások által javasolt témához csatlakozzék. Általában a javaslatot tevő tagállam lett a kutatási téma felelőse és koordinátora. A témakatalógus és a munkaterv elfogadása után évente beszámoló-, ötéves munkatervvel lezárása után pedig összefoglaló jelentés készült. Az Interkozmosz tagállamok kutatói évente találkoztak (gyakran többször is), és beszámoltak tudományos ku-

tatómunkájukról. Minden évben más és más ország rendezte meg a találkozót, így hét évente Magyarország is sorra került. Az űrrelettudományok területén az Interkozmosz fennállása alatt összesen huszonnégy nemzetközi szimpózium megrendezésére került sor.

Ezekon a konferenciákon referátumok, előadások, és poszter-bemutatók szerepeltek a programban. Az egyhetes munkaértekezlet záródokumentum elfogadásával végződött. Ez részletesen tartalmazta az elvégzett munkát és meghatározta a következő év feladatait. A rendszer jól működött, lehetővé tette, hogy a kutatók témájukban széleskörű személyes ismeretségre tegyenek szert, és ez biztosította a gyors információ áramlást is. Minden tagállam első kézből értesülhetett a legfrissebb tudományos eredményekről. A tagállamoknak érdeke volt mind témafelelősnek, mind csatlakozónak lenni, mert ezek alapján mód nyílt a kétoldalú kapcsolatok felvételére is. A szakemberek rendszeresen látogatták egymás intézeteit, a helyszínen tájékozódhattak a kutatóhelyek felszereltségéről, szakmai színvonaláról, a vizsgálati metodikákról, és a legújabb kísérleti eredményekről. A kölcsönös érdek kifejeződését mutatta, hogy a munkatervek és a beszámolók mindig időben elkészültek, kiosztásra kerültek, a tudományos szimpóziumokon elhangzott előadások, és poszterek azonnal hozzáférhetőek voltak, és fontos volt az is, hogy a munkaértekezleteket a magas szakmai színvonal jellemezze.

Az adaptáció és readaptáció vizsgálata

Az űrrelettudományi kutatások leglátványosabb része az volt, amikor az űrhajósok életműködését az űrrepülés

közben vizsgálták. Az űrrepülés alatti vizsgálatok sorában legfontosabb az egyensúlyozó, továbbá a szív, a keringési rendszer, valamint az érzékelő és mozgató rendszer súlytalanságbeli működésének kutatása volt. Az űrhajósok pszichológiai vizsgálatai közül elsősorban annak ellenőrzésére volt szükség, hogy miképpen változik az űrhajósok munkavégző képessége a tartós súlytalanságban. Ezen a területen jelentős sikernek volt elkönnyelhető, hogy a szellemi munkavégző képesség mérésére kidolgozott magyar műszert és módszert a Szaljut-6 és Szaljut-7 űrállomás fedélzetén több alapszemélyzet, és nemzetközi látogató legénység is sikerrel használta. A Balaton-műszerrel a magyar kutatóknak a világon először sikerült lemérni az űrhajósok információ feldolgozó képességének csökkenését az űrben (9. ábra).



9. ábra. *Farkas Bertalan és Valerij Kubaszov, a Szaljut-6 űrállomás fedélzetén az információ feldolgozó képesség változásait méri a Balaton műszer segítségével*

Az űrrepülések hajnalán a kutatók még arra törekedtek, hogy a súlytalansághoz való alkalmazkodást segítsék, annak érdekében, hogy az űrhajós munkaképes legyen. Ahogy szaporodtak azonban a súlytalanságban eltöltött órák és napok, egyre nyilvánvalóbbá vált; ezzel az elmélettel kapcsolatban valami nem stimmel. *G. Tyitov* és *V. Tyereskova* repülése alatt űr-mozgásbetegségben szenvedett. Később repült társaik arról panaszkodtak, hogy nehézségeik vannak a földre visszatérés után. A vizsgálatok és kísérletek során egyre inkább bizonyosodott, hogy súlytalanságban sorvadnak az izmok, átépülnek a csontok, még a szív izomzata is elsorvad. A szív-érrendszeri reflexek „elfelejtik” hogyan is kell működniük a gravitációs térben. Az űrhajós életképtelenné válik, amikor visszatér a földre. Nem tud járni, csontjai eltörnek, vérkeringését biztosító reflexei nem működnek, elájul, eszméletét elveszti, és ha nem kap gyors orvosi segítséget, akkor nem is éli túl.

1970-ben a Szojuz-9 repülése nagy riadalmat okozott. Az űrhajósok a földetérés után nem tudtak lábra állni, súlyos élettani állapotba kerültek. *A. Nyikolajev* és *V. Szevasztyanov* folyadék-, só- és vízháztartása, vérkeringése felborult, a csaknem 18 napos súlytalanság következtében antigravitációs izomzatuk elsorvadt, azonnali intenzív kezelésre volt szükségük. A károsodások nagyon súlyosak voltak. A csípő körfogata például 7,5 cm-el csökkent, a lábaké pedig 3,5 cm-el. Az izomerő 78%-al lett kisebb, ami az izmok sorvadásának volt a következménye. A szív 12,5 %-al lett kisebb, térfogata pedig ötödére csökkent. A szív által percenként szállított vérmennyiség mindössze fele volt a normálisnak. *A. Nyikolajev* szívizomzata kedvezőtlenül átépült, el-

halás előtti, infarktus közeli állapotban volt. A readaptáció nagyon nehezen ment, lassan regenerálódtak, az űrhajósok még egy hét múlva is csak 15 percet tudtak sétálni. Estéenként belázasodtak, és felerősödtek az izomfájdalmaik. *A. Nyikolajev* egy év alatt két infarktust kapott, és többé már nem repülhetett, egészségi állapota idővel tovább romlott, 2004-ben, az ötödik infarktusból már nem tudták megmenteni. Az űrorvos-tanban „Nyikolajev effektus”-nak hívják azóta is ezt az állapotot.

A Szojuz-9 repülése kapcsán ismerte meg az űrelettudomány, hogy tartós súlytalanságban a mozgásszegény életmód, a szélsőséges hipodinámia és hipokinézia, illetőleg a bezártság milyen súlyos fiziológiai és pszichológiai károsodáshoz vezet. Paradigma váltásra volt szükség. Rájöttünk, hogy nem segíteni kell az űrhajós súlytalansághoz való alkalmazkodását, hanem éppenséggel megakadályozni. Kiderült: mennél kevésbé alkalmazkodik az ember szervezete a súlytalansághoz, annál életképesebb marad a gravitációs térben, annál nagyobb esélye van a földi readaptációra. A szovjetek a Csibisz nevű vákuum csizmát kísérletezték ki, ami az alsó testfélben igyekezett tartani a keringő vérmennyiség nagy részét, ez szimulálta a földi gravitációt az űrrepülés alatt, ezáltal megakadályozva a súlytalansághoz való teljes alkalmazkodást. Megalkották a Pingvin nevű űrruhát is, amelynek gumírozott anyaga és rugós szerkezete ellenállást fejtett ki, akadályozta az űrhajósok mozgását, ezáltal súlytalanságban is erőfeszítésre készítette az izmokat. Ezenkívül a magyarok edzésprogramokat dolgoztak ki, és erőgépek kerültek fel az űrállomásokra. Ezek a légzés, a szív-érrendszer, a csontszövet és az anyagcsere alkalmazkodását gátolták. Azóta naponta legalább két órán keresz-

tül edzenek az űrhajósok futószőnyegen és kerékpáregométeren a súlytalanságban. Így izomzatuk és csontállományuk kevésbé sorvad, a vérkeringést szabályozó reflexeik is működőképesek maradnak. Bebizonyosodott ugyanis, hogy a jó szív-érrendszeri és légzési kapacitással rendelkezők az űrrepülés extrém hatásait annál jobban viselik el, mennél jobban terhelhetők fizikálisan. A vita maxima terheléses vizsgálatok az 1970-es években kezdtek világszerte elterjedni katonai pilótáknál, űrhajósoknál, élsportolóknál. Kecskeméten, a ROVKI-ban a világon az elsők között kezdte meg működését a vita maxima terheléses laboratórium (10. ábra).



10. ábra. Vita maxima terheléses laboratórium a kecskeméti Repülőorvosi Vizsgáló és Kutató Intézetben

Az új elvek alkalmazása következtében az űrhajós már meg tudta őrizni életképességét akár egy évig tartó súlytalanság után is. Bár többen repültek egyhuzamban egy évig vagy azt meghaladóan, egy Mars utazásra elegendő időtartamot *maradandó károsodás nélkül* még nem sikerült teljesíteni. A magyar űrrepülés idején a súlytalanság ártalmi már meglehetősen ismertek voltak. A ROVKI a Szozuz-9 repülése után négy évvel kezdte űrorvosi felkészülését, és 1977-re – a magyar űrhajósok kiválasz-

tásának idejére – minden vizsgálati metodikával készen volt, és alkalmazni tudta az említett űrrepülési tapasztalatokat. Ennek köszönhetően *Farkas Bertalan* valóban jól viselte az űrrepülés kedvezőtlen élettani hatásait. Mindazonáltal a kiválogatás és a fedélzeti életmód szigorúsága ellenére még az egyhetes súlytalanság is komoly megterhelést jelentett az űrhajós szervezete számára. *Farkason* is észlelhetők voltak a gravitációs átállás tünetei. Az űrhajójából kiszállva, először vidáman fogadta az újságírók rohamát, de csakhamar elsápadt, verítékezni kezdett, le kellett ültetni, amíg vérnyomása stabilizálódik. A leszállás után 5 perccel a nyugágyban, ülő testhelyzetben közérzetének további romlását érezte, pulzusa szaporává vált, arcbőrének sápadtsága fokozódott, ezért nyugágyát fekvő helyzetbe kellett hozni. Ezután állapota gyorsan javult, sápadtsága elmúlt, vérnyomása és pulzusa is rendeződött. Bár eleinte „kacsázva” járt és le is fogyott az űrrepülés alatt, kondíciója még mindig jó volt és sikeresen alkalmazkodott a földi gravitációhoz (11. ábra).



11. ábra. *Farkas Bertalannal ammónia párnát szagoltatnak a földet érés utáni gravitációs átállás perceiben az átmenetileg fellépő ortosztatikus prekollapszus miatt*

Magyarországon az ember súlytalansághoz való adaptációjával és földi readaptációjával a ROVKI, a sejtbiológiai úrkutatással pedig az Országos Johan Béla Közegészségügyi Intézet Mikrobiológiai Kutatócsoportja foglalkozott. A SZOTE Biokémiai Intézete, a DOTE Kórélettani Intézete, és Élettani Intézete, a ROVKI-val együttműködésben az állati szervezetek súlytalansághoz történő adaptációs mechanizmusait tanulmányozta. A hipokinézia és a hipodinámia hatásait vizsgálták az úgynevezett *Musachia-féle* modellen, vagyis fejlődött helyzetben felfüggesztve tartott patkányokon (12. ábra).



12. ábra. Fejlődött helyzetben tartott kísérleti patkányok a *Musachia-féle* modell anyagcsere ketreceiben, az 1980-as években, a kecskeméti Repülőorvosi Vizsgáló és Kutató Intézetben

A SOTE Kórélettani Intézetének környezetvédelmi munkacsoportja a ROVKI-val együttműködésben a vér acut phasis fehérje szint változásait tanulmányozta hipokinézia hatására patkányban. A ROVKI-ban szív katéteres vizsgálatok folytak a pitvari natriuretikus peptid (PNP) termelődés változásainak meghatározása céljából. Megnövelt vénás telődéssel pitvarfal fe-



13. ábra. Dr. Remes Péter orvos ezredes, Dr. Pozsgai Attila orvos alezredes és Dr. Péter Ildikó orvos őrnagy szívkatéteres vizsgálatot végez a kecskeméti Repülőorvosi Vizsgáló és Kutató Intézet állatműtőjében

szülést hoztak létre, amely beindította a pitvari natriuretikus hormon termelődését, mérték annak vérnyomás- és vértérfogat csökkentő, valamint a vizeletben a natriuretikus hatását (13. ábra).

A SZOTE Élettani Intézete a ROVKI-val együttműködésben a bioritmus változásokat kutatta az alvás-ébrenlét állapotokban.

Izomkutatások

Az izomszövet az űrben károsodik, atrofia jön létre, ami viszonylag korán, már az űrrepülés ötödik napjától kezdve kimutatható. A károsodást főleg a gravitáció hiánya következtében fellépő edzetlenség, hipodinámia, és a szűk

úrhajóban az immobilizáció, valamint a hidrosztatikus nyomás hiánya miatt megváltozott vérkeringés okozza, de szerepet játszanak, a só-vízháztartás zavarai, a beidegzés változásai, a hormonális hatások, és az anyagcsere változások is.

Hosszabb idejű ürrepülés súlyosabb izomatrofiával jár. Az elváltozások hasonlóak azokhoz, mint amilyenek a Földön jönnek létre begipszelt, immobilizált végtagokon, zárt, szűk térben való tartózkodáskor, vagy megváltozott irányú gravitációs térben. A szokásostól eltérő irányú gravitációs tér billenőasztalon állítható elő. Változik a szervezet antigravitációs reflexmechanizmusa immerziós fürdőben, tartós vízbe merítéskor is. Az izom számos kémiai, biokémiai, fizikai, biofizikai és életani tulajdonsága megváltozik, tömege kisebbedik, teljesítménye, összehúzó ereje, gyorsasága, kontraktilitása felére-harmadára csökken.

A károsodások egyes izmokban képesek regenerálódni, más izmokban nem, irreversibilis elváltozások is kialakulhatnak. Edzéssel megelőzhető az izomatrofia, a tréningezett izmokban nem olyan kifejezettek az elváltozások, maradandó károsodások pedig ki sem alakulnak. A létrejövő elváltozás jelentős mértékben függ az izom tulajdonságától, típusától, továbbá attól, hogy az illető izom milyen mértékben vesz részt a szervezet gravitációs és antigravitációs tevékenységében. Kiderült ugyanis, hogy az úgynevezett antigravitációs izmok a súlytalanságban könnyebben sérülnek, mint más izmok. Ezek az izmok főleg a test tartását és mozgását biztosítják a fej-far irányú gravitációs tér ellenében.

Az atrofia és a regeneráció nem egyforma a különböző típusú izmokban. Az úgynevezett lassú típusú izom, például a musculus soleus főleg ilyen típusú ros-

tokból tevődik össze. Tónusos összehúzódásra képes, az oxigén hiányra érzékenyebb, oxidatív anyagcsereje fejlettebb, több kapillárist és myoglobint tartalmaz, azaz jobb az oxigénellátása, kevésbé fáradékony, vörös izomnak is nevezik, jellemzően antigravitációs izom, a test tartó funkciójában vesz részt, például az álláskor működik. Atrofiája hamarabb jön létre, visszafordíthatatlan, végleges károsodások kialakulására hajlamos és nehezen, vagy egyáltalán nem readaptálódik ürrepülés, súlytalanság, immobilizáció vagy hipodinámia után. Nagyon érdekes, hogy hosszúidejű ürrepülés hatására a lassú izom myozinjában a gyors izomra jellemző könnyű lánc mutatható ki, ezáltal a gyors izomra jellemző kontrakciós típust közelít meg, vagyis a lassú izom, mintha gyors izommá „szeretne” átalakulni (14. ábra).



14. ábra. A kecskeméti Repülőrivosi Vizsgáló és Kutató Intézetben végzett immobilizációs patkány izom kísérletek kalodái

Ezzel szemben az úgynevezett gyors rángású izom (például a musculus gastrocnemius, és a musculus extensor digitorum longus nevű izom), amelyet neveznek fehér izomnak, tetanikus izomnak is, amely főleg a futásban vesz részt, másféppen reagál. Edzéssel kontraktilitása növelhető, amely a súlytalanság kedvezőtlen élettani hatásait kivédi, illetve csökkenti. Amíg a tréning elsősorban a gyors

izmokra hat előnyösen, addig az immobilitáció főleg a lassú izmokra hat károsan, egy bizonyos fokon túl pedig irreverzibilisen. A súlytalanság állapotában fellépő hipodinámia és hipokinézia egyaránt hatással lehet a szívizomzat kontrakciójáért felelős fehérjék működésére is. Az űrutazások után jelentős szívizom károsodások mutathatók ki.

Magyarországon ezekkel a kutatásokkal több intézet foglalkozott, a DOTE Kórélettani Intézete, a ROVKI és a SZOTE Biokémiai Intézete. A MTA Atommag Kutató Intézete pedig kísérleti állatokon tanulmányozta a hipokinézia hatását különböző szervek ásványi anyag összetételére.

A táplálkozás vizsgálata

Az űrkutatás hajnalán azt feltételezték, hogy a mesterséges táplálkozás előnyös, a tudományos ismeretek alapján előállított ideális összetételű, tubusos táplálék megoldja az űrhajósok ellátását. Hamarosan kiderült azonban, hogy ha elvész a táplálék élvezeti értéke, akkor ez kedvezőtlen hatásokkal jár. Ezért a földihez hasonló, tartósított táplálékot, és a teherűrhajókkal feljuttatott minél több friss élelmiszert kell az űrhajósok asztalára tenni. A hosszabb ideig tartó űrutazások tapasztalatai azt mutatták, hogy a súlytalanság sokrétű, kedvezőtlen hatást fejt ki a tápcsatornára. Kiderült: az űrhajózás kedvezőtlen élettani hatásai megváltoztatják a gyomor-bélrendszer nyálkahártyáját, enzimműködését, és motilitását. Akkoriban állatkísérletekben tanulmányozták a hipokinézia hatását, és megállapították, hogy miként rontja a gyomor nyálkahártya barrier funkcióját és a bél motilitását.

Magyarországon ezekkel a kutatásokkal a SOTE Kórélettani Intézete és a ROVKI foglalkozott.

A vesztibuláris kutatások

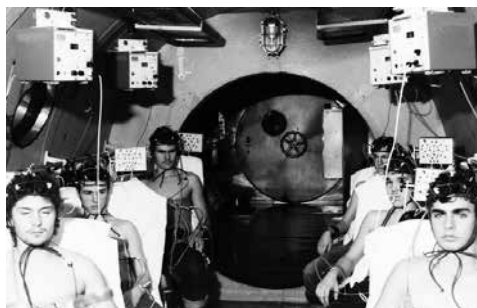
Az űrhajósok több, mint a felében, az első héten a tengeri betegséghez hasonló, úgynevezett űr-mozgásbetegség fejlődik ki. A rossz közérzet, teltségérzés, étvágytalanság, émelygés, hányinger, hányás, izzadás, szédülés, szívdobogásérzés, és a térbeli tájékozódás zavara az űrhajósok munkaképességét lényegesen csökkenti, emiatt egyeseknél átmenetileg munkaképtelenség is kifejlődhet. Az űrkinetózis oka a vesztibuláris apparatus működésében beálló funkciózavarban keresendő. Az űrhajós helyzetérzékelő és gyorsulásérzékelő receptorai más érzetet közvetítenek a központok felé, mint amilyeneket az ember lát. A szenzomotoros konfliktus rosszul érzet és a térérzékelés zavarát okozza. A működészavarhoz a súlytalanságban áthelyeződő vérmenyiség és a megváltozó vérkeringés is hozzájárul.

Magyarországon ezekkel a kutatásokkal három intézet foglalkozott: a Magyar Honvédség Központi Katonai Kórházának vesztibuláris kutatócsoportja, a ROVKI, és a SOTE I. sz. Anatómiai, Szövet- és Fejlődéstani Intézete.

A hipoxia kutatások jelentősége

A hipoxia az űrrepülés különböző szakaszainak velejárója, hatással van többek között az idegrendszer működésében alapvető szerepet játszó ingerület átvitelre is. Az űrrepülésben számos jelenség, kórfolyamat során alakul ki a hipoxia, amely súlyos központi idegrendszeri károsodásokat okoz az excitátoros aminosavak felszabadulásán, egyéb közvetítő anyagok felszabadításának megváltoztatásán, az idegsejteken belüli kalcium koncentrációjának túlzott emelkedésén keresztül. Megál-

lapítható, hogy a hipoxia nagymértékű glutamát felszabadulást és ezen keresztül más idegsejtek kóros ingerlékenységét, illetőleg a sejten belüli kalciumszint toxikus emelkedését okozza, károsítja így az idegrendszert. Ezért nagy jelentősége van a hipoxia elleni védekezésben az excitátoros neurotranszmitter antagonisták, és a kalcium emelkedését gátló vegyületek alkalmazásának. Ezeket a kutatásokat a MTA Kísérleti Orvostudományi Kutató Intézet végezte. Az OTKI I.sz. Belklinika a hipoxia hatását vizsgálta különböző élettani folyamatokra. ROVKI-ban pedig transzcután oximetriás vizsgálatok folytak hipobarikus hipoxiában és változó irányú gravitációs térben billenőasztalon, illetőleg fizikális terhelés körülményei között (15. és 16. ábra).



15. ábra. Transzcután pO_2 mérés a kecskeméti barokamrában



16. ábra. Farkas Bertalan transzcután oximetriás vizsgálata billenőasztalon

Kozmikus repülések stressz tényezőinek vizsgálata

Már az űrrepülések kezdetén ismeretessé vált, hogy melyek azok a stressz tényezők, amelyek kedvezőtlenül befolyásolják az űrhajósok munkaképességét. A SOTE Kóréletteni Intézet Környezetvédelmi Munkacsoportja, a SOTE II. sz. Belklinika Kísérleti Laboratóriuma a vibráció szervezetre gyakorolt hatását tanulmányozta. A ROVKI az endokrin rendszer változásait vizsgálta fizikai terhelés alatt. SOTE Gyógyszer-tani Intézete a ROVKI-val együttműködésben a neurokémiai transmissio és annak gyógyszeres befolyásolhatóságát tanulmányozta az űrutazásra jellemző fizikai körülmények szimulálása mellett. A SZOTE a ROVKI-val együttműködésben az akusztikus stressz hatását tanulmányozta kísérleti állatokon.

A pszichológiai kutatások jelentősége

Az űrrepülés nagyon sokféle pszichológiai nehézséggel jár együtt. Az izoláció és bezártság hatására stressz szituáció lép fel, ami többek között az unalom, depresszió, ingerlékenység, fokozott aggodalmaskodás, alvászavar, kimerültség, fáradékonyság, és motiváció csökkenés kiváltásán keresztül csökkenti az űrhajósok munkaképességét. A kutatások arra irányultak, hogy miként lehet a kedvezőtlen hatásokat kivédeni és miképp lehet a kis csoportban dolgozó emberek pszichológiai integritását, munkaképességét megőrizni.

1976-ban a Szaljut-5 űrállomás fedélzetén B. Volinov és V. Zsolobov teljesített szolgálatot, amikor váratlanul lekapcsolódott a világítás, majd leálltak a fedélzeti rendszerek is. Az űrhajósok

életveszélybe kerültek. Hiába sikerült az úrállomást megjavítani, a stressz nem múlt el nyomtalanul. V. Zsolobovnál gyógyszerre sem szűnő, befolyásolhatatlan, erős fejfájás kezdődött. Megtagadta a futószőnyeg edzéseket, inkább csak relaxált állapotban úszkált a fedélzeten. „Eljött az idő, amikor úgy éreztem, hogy mi már nem élünk, erre nagyon jól emlékszem, ez nem félelem volt, hanem egy abszolút közömbösség, csak arra gondoltam, hogyan hagyhattam ott az enyéimet a földön?” – mondta később. A fedélzeten egyre rosszabb lett a helyzet, és a gyors állapotromlás miatt a 60 naposra tervezett úrutazást a 42. napon azonnal meg kellett szakítani. V. Zsolobov olyan rossz állapotban volt, hogy a szakfanderét sem tudta felvenni. Az érzelmi reakciók és a motiváció teljes hiánya volt nála megfigyelhető, amihez teljes cselekvő-képtelenség társult, beleértve a kommunikációs képtelenséget is. A visszatéréskor B. Volinov öltöztette fel, és kötözte be az ülésbe a mély stuporozus állapotban lévő űrhajóst.

Az űrrepülés veszélyekkel jár, ami félelmet szül. A félelem keletkezését, tüneteit, természetét, leküzdésének módszereit pontosabban meg kellett ismerni. Az interperszonális interakciókat, a csoportok életét és tevékenységét földi szimulációs kísérletekben vizsgálták. Keresték a megoldásokat azokra az esetekre is, amikor a legénység tagjai közötti viszony megromlása miatt az expedíció veszélybe került. Gyakran adódott konfliktus helyzet a legénység és a földi parancsnokság között. Igény merült fel annak tanulmányozására, hogy a legénység mikor fogadja el, és milyen esetekben utasítja vissza, a földi parancsnokság fölérendeltségét. Nem volt ismeretes, hogy milyen hosszú ideig tartható fenn az űrhajó alárendeltségi viszonya földi pa-

rancsnoksággal kapcsolatban. Kutatták, hogy fenntartható-e a legénység tagjai között a hosszúidejű izoláció során is a kijelölt parancs és ellenőrzési struktúra. Kérdés volt: zárt kicsoportos rendszerben, a kijelölt parancsnok mikor vált alkalmatlanná feladata ellátására? Kezdetben még nem volt ismeretes, hogy mi történik az eltérő helyzetmegítélésekből adódó konfliktusok esetén. Számos speciális probléma vetődött fel a hosszúidejű űrrepüléseken a hatalom, a hatóság, a tekintély és a különféle engedélyezési hatóságok eltérő véleményalkotása szögéből is (17. ábra).



17. ábra. Pszichológiai vizsgálatok a kecskeméti Repülőorvosi Vizsgáló és Kutató Intézetben, az 1980-as években

Magyarországon pszichológiai kutatásokkal három intézet foglalkozott: a Magyar Honvédség Központi Katonai Kórházának mentálhigiénés kutatócsoportja, a ROVKI, és a MTA Pszichológiai Intézete. A hosszúidejű űrrepülések feltételeihez és feladataihoz alkalmazkodó ember pszichológiai megbízhatóságát biztosító eljárásokat tanulmányozták, és vizsgálták a pszichés teljesítőképesség változását gyógyszerek, fizikai terhelés, és hipoxia hatására. Ezenkívül foglalkoztak az űrrepülések feltételei között a feladatát végző ember szellemi munkavégző képességére vonatkozó előrejelzésekkel, valamint meghatározták a reális

repülések hatására a pszichés teljesítő-képesség változásait. A vigilancia szint változásokat kísérő autonóm agyi elektromos változások poligráfias elemzését is elvégezték.

A sugárbiológiai kutatások

A világűrben – a súlytalanság mellett – az űrhajósokat érő másik jelentős élettani hatást a különféle sugárzások, illetve a környező világ erőterei (pl. mágneses, elektromos, gravitációs, stb.) és azok gyors változásai hozzák létre. Sugárvédelem nélkül nem lehetséges az űrhajósok hosszúidejű tartózkodása a Van Allen-övezeteken kívül. Ezért fontos annak vizsgálata, hogy az űrhajó vagy űrállomás fedélzetén milyen sugár terhelések érik az űrhajósok szervezetét. A fedélzeti dozimetriai vizsgálatokban magyar kutatók jelentős sikereket értek el, a magyar dozimétert szovjet és amerikai űreszközök fedélzetén egyaránt használták. A termolumineszcencia elvén alapuló sugármérő eszköz nélkülözhetetlen része lett az űrvállalkozásoknak.

Magyarországon sugárbiológiai űrkutatásokban több intézet is részt vett. Az űrrepülés során fellépő sugársérülésekkel szembeni védelem kidolgozásával az Országos Johan Béla Közegészségügyi Intézet Mikrobiológiai Kutatócsoportja foglalkozott. Elsőként bizonyították az ipriflavon sugárvédő hatását, és kidolgozták a vegyület optimális alkalmazását. A MTA Központi Fizikai Kutató Intézet (KFKI) Atomenergia Kutatóintézet Sugárvédelmi főosztályának Dozimetriai Csoportja dozimetriai és spektrometriai vizsgálatokat végzett bioszputnyikokon és orbitális űrállomásokon. Az Országos Frederic Joliot-Curie Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet (OSSKI) a hosszúidejű kozmikus űrre-

püléseknél a biztonságos sugárzási normák meghatározásának klinikai kísérletes és metodikai módszereit dolgozta ki. A MTA Mikrobiológiai Kutatócsoportja, az OSSKI-val együttműködve új védelmi és terápiás módszereket dolgozott ki a sugársérülések kiküszöbölésére az űrrepülés során.

Irodalom

- [1] Calvin M. et al.: *Foundations of Space Biology and Medicine*. NASA, Washington, D.C., 1975.
- [2] Benko Gy. szerk.: *Magyar űrkutatás 1981–1985*. Budapest, 1986., 135–280.
- [3] Beöthy M., Gombosi T. szerk.: *A magyar űrkutatás 10 éve*. MTA Interkozmosz Tanács tudományos ülészakának előadásai. Budapest, 1981., 155–260.
- [4] Both E. et al.: *Magyar űrkutatás 1992*. Magyar Űrkutatási Iroda, Nexus, Budapest, 1993., 5–16.
- [5] Both E. et al.: *50 éves a magyar űrkutatás*. Magyar Űrkutatási Iroda, Nexus, Budapest, 1996.
- [6] Elek L.: *Tárguló határok*. Magyar Asztronautikai Társaság, Budapest, 2016., 151–168.
- [7] Гюрджин А. А.: *Медико-биологические проблемы космических полётов*. Наука, Москва, 1972.
- [8] Катковский Б. С.: *Физиология в космосе*. Перевод с английского. Медицина, Москва, 1972.
- [9] Kelemen J.: *Egyesületünk 50 éves története*. Magyar Asztronautikai Társaság, Budapest, 2008.
- [10] Kocsis P. et al.: *Iratok a közös magyar-szovjet űrrepülésről 1979–1980*. Magyar Országos Levéltár, 2011.
- [11] Отчёт о деятельности Рабочей группы „Космическая биология и медицина”. Интеркосмос. XIII. Совещание руководителей национальных органов. Протокол. Балатонкенеше 27 октября – 1 ноября 1980 г.

- [12] Remes P.: *Repülő- és űrorvosi speciális kollégium*. Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Egyetem tanrendje. SZOTE, Szeged, 1989–1990, 156–157.
- [13] Remes P. et al.: *A magyar repülő- és űrorvostan története*. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2013.
- [14] Remes P.: (1993): *A Magyar Hadtudományi Társaság Légvédelmi- és Repülő Szakosztály, Repülő- és űrorvosi Szekció referáló ülései*. Magyar Repülőorvosok Lapja, 1993, I: 1. 38–39.
- [15] Remes P.: *A magyar űrrepülés története*. Internet: drremes.hu.
- [16] Remes P.: *MTA Interkozmosz Tanács Orvosi-biológiai Szakbizottság munkatervei, beszámoló és költségvetése (1976–1991)*. In: Dr. Remes P. et al.: (2013): *A magyar repülő- és űrorvostan története*. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2013, 181–184, 215–221, 230–236.

Col. (ret.) P. Remes M.D.

Researches on Space Life Sciences in Hungary (1950–1992)

An educational summary of the history and establishment of Space Life Sciences in Hungary has not been published yet. This study is first to make an attempt to accomplish a brief account of Hungarian researches carried out between 1950 and 1992. It sets forth the initial steps in 1950 and lists the first Hungarian researchers

specialized on Space Life Sciences. The study outlines the outset of university education and the institution system of Hungarian space research, after which it touches upon the changes following the political change-over. It presents the strategy of Hungarian researches on Space Life Sciences. Afterwards, the study gives details of the directions, list of institutes taking part and their results of Hungarian research in the scope of Intercosmos Programme. It gives an account on the significance of adaptation, readaptation, muscular system, nutrition, vestibular system and hipoxia researches as well as of the investigation of stress factors during space flight. The study comes to an end by outlining the psychological and radiobiological researches.

Key-words: Space Life Sciences, Aviation and Space Medicine, Hungarian Astronautical Society, Aeromedical Research Institute, Bio-medical commission of the Intercosmos Council of Hungarian Scientific Academy, Scientific Council on Space Research, Space Activities in Hungary.

*Dr. Remes Péter ny. o. ezds.
6000 Kecskemét, Balaton u. 17.*